

УДК 37.017.316.774

Д.М. Бодненко¹, С.П. Радченко², В.Г. Самойленко³¹канд. пед. наук, доц. каф. інформаційних технологій
и математических дисциплин Киевского университета имени Б. Гринченко²канд. физ.-мат. наук, доц. каф. інформаційних технологій
и математических дисциплин Киевского университета имени Б. Гринченко³д-р физ.-мат. наук, зав. каф. математической физики
Киевского национального университета имени Т. Шевченко

e-mail: d.bodnenko@kubg.edu.ua

**УЛУЧШЕНИЕ ВОСПРИЯТИЯ МАТЕРИАЛА ПУТЕМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ СРЕДСТВ
В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Рассмотрен ряд важных вопросов, связанных с повышением эффективности использования иллюстраций в процессе изучения естественных наук. Проблема наглядности в современной высшей школе состоит в том, что во многих исследованиях ее принципы формулируются в достаточно общей форме. Они имеют право на существование, однако не всегда дают достаточный эффект в конкретных курсах, имеющих определенную специфику. При изучении естественных наук абстрактная составляющая выходит на первый план и требует дополнительного рассмотрения с методической, логической, психологической и других точек зрения. Предпринята попытка конкретизировать основные принципы использования зрительных образов для улучшения восприятия теоретического материала в таких науках, как физика и математика.

Введение

Как известно, более 90% информации человек получает визуально, т.е. при помощи зрения, а 50% ресурсов головного мозга расходуется на зрительное восприятие. В частности, мозг человека воспринимает текст как набор изображений. Поэтому качество восприятия учебного материала обучаемыми существенно зависит от его формы, содержания и способа подачи.

Традиционно обучение студентов по естественным наукам проводится с использованием в основном классических средств преподавания (доска, мел, таблицы, графики, макеты и другие демонстрационные материалы), в то время как на современном этапе развития информационно-коммуникационных технологий возможно применение различных технических средств обучения, которые могут существенно содействовать активизации восприятия учебного материала учащимися и значительно повысить эффективность использования аудиторного учебного времени.

При использовании технических средств обучения применяются различные формы подачи материала, среди которых рисунки с пояснением, диаграммы, схемы, графики, таблицы, виртуальные лаборатории, прикладные пакеты визуализации численных исчислений, анимационные данные и др., при подготовке которых необходимо учитывать специфику иллюстрационных материалов для естественных наук и особенности обучаемого контингента учащихся.

Проблемы использования изображений при передаче информации в процессе обучения впервые рассматривались известным датским гештальт-психологом Эдгардом Рубином в 1915 г., который, кстати, учился в одном классе с Нильсом Бором – знаменитым физиком-теоретиком. В своей классической работе [1] Э. Рубин выявил зависимость осознания содержания рисунков от формы и вида их подачи, дал описание субъективных признаков фигур и фона, а также указал на то, что фигура, в отличие от фона, является формой и запоминается лучше, чем фон, который кажется чем-то непрерывным и находится позади фигуры. Кроме того, Э. Рубин заметил, что фигура восприни-

мается как предмет, а фон – как материал, а изменение фона может привести к тому, что фигура не будет распознаваться, и при этом любая из частей рисунка может восприниматься и как фигура, и как фон.

Роль образных явлений в познавательной деятельности изучал также психолог Рудольф Арнхейм [2].

Процесс коммуникации между учителем (преподавателем, тренером, тьютором) является одним из существенных элементов образовательного процесса. В связи с этим уместно вспомнить о классических исследованиях канадского философа и литературного критика Маршалла Маклуена, получившего мировое признание в качестве эколога средств коммуникации и теоретика воздействия артефактов как средств коммуникации. М. Маклуен [3], изучая влияние электронных средств массовой информации на общество, сформулировал свое известное утверждение «The Medium is the Message», что можно перевести и как «Средство коммуникации является сообщением», и как «Способ передачи информации также является информацией». Это высказывание подчеркивает необходимость изучения скрытых медиаэффектов при передаче информации и указывает также на то, что такие эффекты можно с успехом использовать при обучении учащихся, а не только акцентировать их внимание на смысле рассказа (лекции, сообщения).

В исследованиях Д. Бодненко, С. Радченко, И. Юртина [4; 5], которые опираются на результаты работ Э. Рубина, Р. Арнхейма, М. Маклухана [1–3], проанализирована специфика использования иллюстраций в преподавании естественных наук.

В данной статье рассматривается вопрос как об использовании иллюстраций в преподавании естественных наук (физики и математики), так и об основных требованиях, которые, на наш взгляд, целесообразно учитывать при подготовке таких иллюстраций, чтобы они способствовали повышению эффективности учебного процесса.

Требования к свойствам иллюстративного материала и его составляющих

Преподавание математики и физики имеет ряд особенностей, среди которых, прежде всего, следует указать на необходимость гармоничного сочетания теоретических (лекционных) и практических (лабораторных) занятий. Для обоих видов учебных занятий важную роль играет использование презентаций, например, рисунков, раскрывающих содержание представляемого учебного материала. В любом рисунке (иллюстрации), как правило, можно выделить две сущности: объект и фон. Особенности соотношения объекта и фона впервые были описаны в работе Э. Рубина [1], где было отмечено, что объект как сущность рисунка (иллюстрации) воспринимается сознанием человека в первую очередь, хотя на практике влияние фона на результат восприятия иллюстрации может быть весьма существенным.

В соответствии с общепринятыми представлениями можно выделить некоторые градации влияния формы, размеров, расположения фона и объекта на важность восприятия той или иной информации, представленной в конкретном рисунке (иллюстрации). При этом важным моментом восприятия является подсознательная уверенность обучаемого в том, что он правильно распознает фон и объект как самостоятельные сущности. Решающую роль в таком распознавании принадлежит наличию четкой границы между фоном и объектом.

Учитывая общие представления об основных правилах построения иллюстраций, коснемся некоторых стандартных требований к ним. Отдельные иллюстрации иногда называют презентациями (для того чтобы подчеркнуть важность их восприятия). При построении иллюстраций (презентаций) чаще всего используются каскадный метод и метод минимизации, а также учитываются следующие их основные свойства:

- сочетание смысловой и инструментальной составляющих;
- взаимосочетаемость и преемственность фрагментов;

- пропорциональность составляющих иллюстраций;
- масштабирование;
- местоположение объектов.

Каскадный метод построения иллюстраций заключается в том, что сложная иллюстрация представляется в виде последовательности нескольких иллюстраций, каждая из которых является продолжением предыдущей. Это не только позволяет показать процесс в динамике (развитии), но и значительно упрощает ход восприятия сложной иллюстрации, поскольку обучаемый последовательно знакомится с постепенно усложняющимися иллюстративными объектами. В среде электронных курсов такие иллюстрации (презентации), как правило, реализуются в виде анимации. При этом фиксированная последовательность изображений, построенных по принципу добавления новых деталей, может не только описывать динамические процессы, но и быть динамикой процесса восприятия представляемой информации, что дает возможность уловить основные связи между объектами иллюстрации в явном виде без сложных умозрительных построений.

Метод минимизации заключается в отсеивании (на этапе подготовки иллюстрации) всех несущественных деталей, которые могут создать некоторые помехи в восприятии, что приведет к непроизводительным затратам внимания обучаемых.

Рассмотрим теперь кратко сущность упомянутых выше свойств иллюстраций.

Как известно, взаимовлияние и взаимопроникновение объектов имеют две характеристики: *смысловую и инструментальную*. *Смысловая* составляющая определяется характером самого материала и является основополагающей, поскольку содержится в сути (содержании) описываемого материала (процесса/явления). *К инструментальным* составляющим относятся графические элементы (типы линий, глубина цвета, структура, четкость графических элементов и др.) построения презентаций, которые могут существенно влиять на зрительное восприятие материала. Удачное сочетание различных инструментальных составляющих позволяет прежде всего успешно решить проблему распознавания (понимания) сути представляемого объекта и дополнительных второстепенных характеристик (т.н. фона). Заметим также, что оптимальное сочетание смысловой и инструментальной составляющих позволяет свести к минимуму (или избежать) многократное переключение внимания слушателей (их фокуса зрения) с основных смысловых (по содержанию) элементов презентации на второстепенные и наоборот.

Взаимосочетаемость и преемственность фрагментов имеет большое значение при подготовке иллюстраций, особенно их серий, когда исследуемое явление разбивается на этапы. Это свойство заключается в наследовании характерных особенностей, присущих равнозначным элементам серии, и основывается на том, что сознание человека одинаковым по зрительному восприятию элементам изображения присваивает одинаковые характеристики. С точки зрения методики преподавания это дает большую экономию усилий (времени) и, как результат, прочные знания изучаемого материала.

Пропорциональность объектов в рамках уровней значимости определяет наглядность не только визуальную, но и пространственную. Другими словами, совокупность элементов иллюстрации должна иметь равную степень наглядности на различных расстояниях от нее.

Масштабирование. Размеры объектов, которые находятся в поле зрения обучаемого, сами по себе являются важнейшим фактором эффективности процесса восприятия смыслового содержания презентации. В этом плане можно выделить три уровня значимости размеров объектов иллюстрации.

Первый уровень – ключевые объекты иллюстрации, которые представляют суть излагаемого материала, от понимания которых зависит общее представление о смысле всей информации, заложенной в изображении.

Второй уровень – объекты, воспринимаемые как расширение или продолжение объектов первого уровня. Эти объекты выполняют, как правило, дополнительные (вспомогательные) функции.

Третий уровень – вспомогательные, или т.н. декоративные, объекты, которые не используются для выражения основных идей иллюстрации и смысловое наполнение которых не имеет важного значения для понимания сути объясняемого явления. Таковыми объектами могут быть, например, линии, используемые для обозначения границ фрагментов, направлений и др.

Понятие размеров в смысловом контексте имеет весьма относительный характер. Если речь идет о линии, то может иметь значение как ее толщина, так и длина на общем фоне рисунка (иллюстрации). Если в иллюстрациях художественного характера детали зачастую имеют важное значение для передачи их содержания, то для презентаций естественнонаучного характера излишние элементы (детали) нежелательны, и их, как правило, лучше исключить, поскольку содержание любой иллюстрации по естественным предметам (наукам) должно восприниматься однозначно.

Местоположение объектов может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на осмысление представляемой иллюстрации в целом. Следует отметить, что не во всех случаях имеет место определенная свобода в выборе вариантов расположения содержательных элементов презентации. Однако при прочих равных условиях можно отметить компактность расположения основных элементов вокруг некоего центра внимания, что позволяет воспринимать их как единое целое.

Особенности построения иллюстративного материала в естественных науках

При рассмотрении вопроса о подготовке иллюстраций, используемых в преподавании естественных наук, в частности, математики и физики, следует учитывать т.н. «визуальное мышление». Термин «визуальное мышление» предложен американским психологом Р. Арнхеймом [2] и используется для подчеркивания творческого характера процесса решения рассматриваемых задач с использованием наглядно-действенного и наглядно-образного мышления. Другими словами, визуальное мышление предполагает активное развитие у обучаемых как абстрактного, так и образного мышления. Подобные вопросы в контексте изучения роли образных явлений в познавательной деятельности рассматривались в Г.В. Лаврентьевым, Н.Б. Лаврентьевой, Н.А. Неудахиной в работе «Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов» [6; 7]. Однако следует весьма осторожно подходить к предлагаемым методикам, так как часто многие рекомендации имеют достаточно общий характер и (при известном упрощении) могут привести к результатам, существенно отличающимся от ожидаемых. Поэтому необходимо уточнить основные характерные особенности применения методов визуального воздействия на мыслительный процесс обучаемых при изучении учебного материала по естественным наукам. Встает вопрос, какие особенности изучаемого материала по математике и физике следует учитывать при создании и использовании иллюстраций.

Выделим следующие свойства и характеристики изучаемого материала:

- 1) уровень абстрагирования физических объектов;
- 2) степень упрощения модели процесса;
- 3) достоверность соответствия явлению предлагаемой визуальной модели;
- 4) степень очевидности, связанная с моделью;
- 5) адекватность иллюстрации математическим утверждениям;
- 6) уровень математической обоснованности иллюстративных образов.

Ограничимся рассмотрением только последних двух свойств, проанализировав конкретные примеры.

Как известно, наиболее распространенным в математике методом графического представления фактов (математических свойств) и понятий является геометрическая интерпретация (графики, рисунки).

Профессиональные математики осознают, что рисунок в геометрии является всего лишь способом сделать более доступным содержание некоторых конкретных фактов, касающихся определенных свойств рассматриваемых математических объектов. При этом кажущаяся очевидность вывода некоторых свойств не может рассматриваться как строгое (математическое) доказательство таких свойств. Такая точка зрения является единственно правильной, поскольку ее игнорирование может легко привести к грубым математическим ошибкам, в чем легко убедиться, рассмотрев следующий пример (рисунок 1).

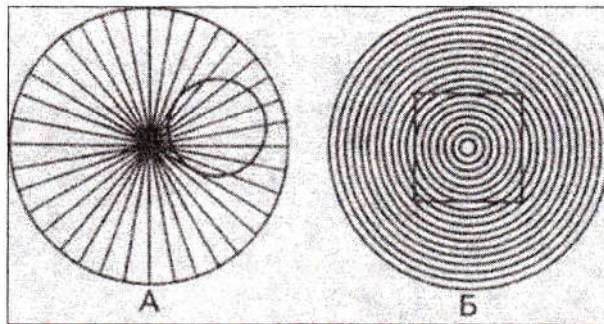


Рисунок 1. – Влияние структуры фона на объект

Предлагаем ответить на следующие вопросы:

1. Замкнутая линия внутри окружности на рисунке 1 (А) является окружностью или эллипсом?
2. Является ли четырехугольник внутри concentрических окружностей на рисунке 1 (Б) квадратом?

Реципиенты дают разные ответы на эти вопросы. В первую очередь заметим: ошибочные ответы на поставленные вопросы частично обусловлены несоответствием между содержанием рисунка 1 и его фоном, когда серый фон в системе «объект – фон» на рисунке 1 не отображает полезной информации, а носит лишь отвлекающий характер. Безусловно, в предлагаемых иллюстрациях искажение восприятия основных линий достигнуто намеренным насыщением рисунка излишними (паразитными) деталями. Однако в реальности такие графические фрагменты могут возникать совершенно случайно либо с искренним желанием автора усилить наглядность изображения, что может привести к нежелательным эффектам. С другой стороны, при изучении многих математических задач с помощью геометрических построений может создаваться иллюзия очевидности наличия отдельных свойств у рассматриваемых объектов, которых на самом деле у него нет. Например, иллюзия равенства неравных отрезков (углов), непараллельности параллельных прямых, совпадения окружности и эллипса и др.

Еще одним классическим примером очевидного отсутствия связи между математическими свойствами изображенных геометрических объектов являются иллюстрации некоторых понятий, не связанных с опытом той реальности, в которой находится обучаемый, например, при изучении различных неевклидовых геометрий.

Как известно, в геометрии Лобачевского факт существования непересекающихся и непараллельных прямых часто иллюстрируется следующим, далеко не соответствующим интуитивным представлениям обучаемого рисунком (рисунок 2).

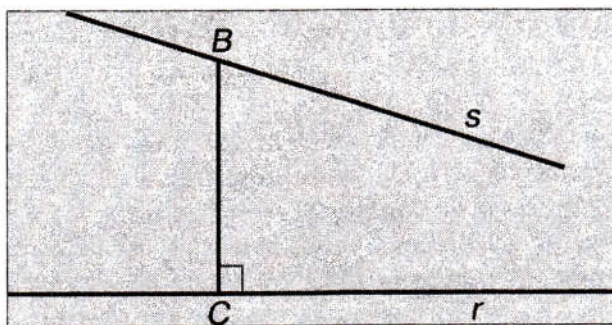


Рисунок 2. – Прямые не могут пересечься

Вместе с тем следует заметить, что в некоторых случаях геометрические иллюстрации могут использоваться при доказательстве отдельных геометрических свойств. Например, при доказательстве теоремы Евклида о внутреннем и внешнем углах треугольника используется тот факт, что один из углов является частью другого. Последнее устанавливается при помощи соответствующего рисунка [8].

Приведенные примеры убедительно подтверждают тезис о том, что иллюстративный материал в преподавании естественных дисциплин, прежде всего математики и физики, может иметь лишь вспомогательный характер и должен использоваться только с методической целью.

Проверка эффективности различных способов представления иллюстраций

Для проверки изложенных выше положений проведены эксперименты по изучению восприятия материала по курсам «Общая физика» и «Математика».

Участникам одного из экспериментов предлагалось оценить уровень своего восприятия иллюстраций, используемых при изучении темы «Закон полного отражения» (курс «Общая физика») и темы «Кривые 2-го порядка» (курс «Математика»).

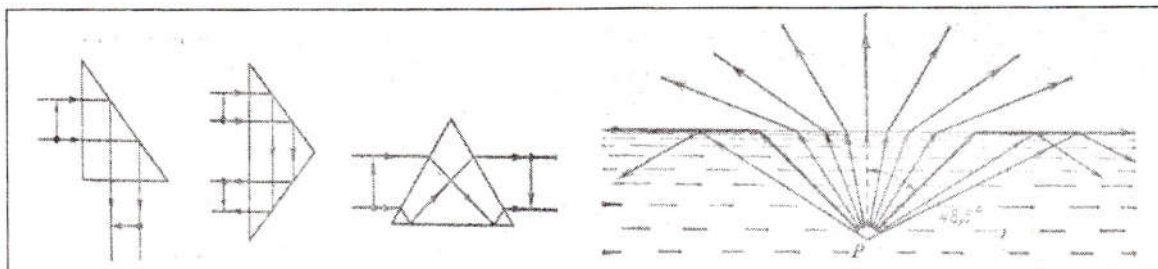


Рисунок 3. – Примеры рисунков по теме «Закон полного отражения»

На рисунке 3 представлены четыре иллюстрации, из которых только одна имеет фон. Несмотря на наличие декоративных элементов в последней иллюстрации рисунка 3, имитирующей водную среду, именно эта иллюстрация наиболее точно соответствует требованиям наглядности, так как четко отражает взаимосвязь количественных характеристик (угол наклона падающего луча) с качественными изменениями свойств его отражения. В сознании обучающегося этот частный случай полного отражения не мешает перенести увиденное на случай других сред.

В эксперименте с использованием системы дистанционного обучения LMS Moodle участвовали две группы учащихся: экспериментальная (66 человек) и контрольная (64 человека). По результатам блицопроса учащихся, проведенного с использованием технологий SmartBoard и GoogleDocs, определена наиболее эффективная иллюстрация

из всех, представленных на рисунке 3. Результаты тестирования контрольной и экспериментальной групп обработаны с использованием статистического t -критерия Стьюдента. При уровне значимости $\alpha = 0,01$ установлено, что

$$5,11 = t_{\text{эм}} > t_{\text{кр}}(0,01; 63) = 2,66.$$

Иными словами, нулевая гипотеза H_0 об отсутствии различий между усредненным результатом решения тестовых заданий контрольной и экспериментальной группами (при уровне значимости $\alpha = 0,01$) отклоняется, что свидетельствует о различном уровне решения контрольной и экспериментальной группами тестовых заданий по теме «Закон полного отражения».

Аналогичная ситуация наблюдалась при рассмотрении темы «Кривые 2-го порядка» (курс «Математика»). Изучалось влияние характера соотношения «объект – фон» на эффективность восприятия смысловой части материала. Предложенные задачи были снабжены иллюстрациями, выполненными с использованием двух различных форм, один из примеров которых приведен на рисунке 4.

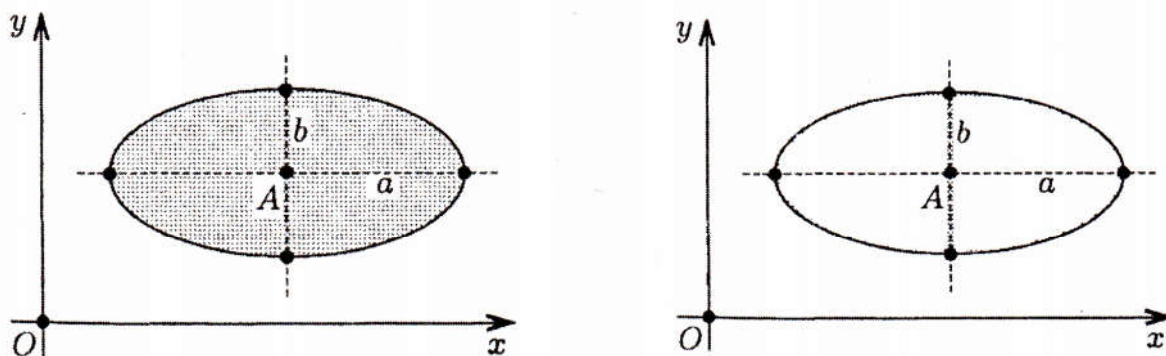


Рисунок 4. – Примеры рисунков по теме «Свойства эллипса»

На левой части рисунка 4 легко обнаружить не только избыточность фона, в который «погружен» эллипс, но и отвлекающие от главного смысла иллюстрации метрические ассоциации, связанные с задачей вычисления площади эллипса. В свою очередь, правая часть рисунка не содержит с точки зрения задач аналитической геометрии ничего лишнего и таким образом является оптимальным для достижения методической цели.

В эксперименте, проведенном с использованием системы дистанционного обучения LMS Moodle, участвовали две группы учащихся: экспериментальная (73 человека) и контрольная (48 человек). По результатам блицопроса учащихся, проведенного с использованием технологий SmartBoard и GoogleDocs, определена более эффективная иллюстрация из двух, представленных на рисунке 4. Результаты тестирования контрольной и экспериментальной групп обработаны с использованием статистического критерия Крамера – Уэлча. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ установлено, что

$$2,786 = t_{\text{эм}} > T_{\text{кр}}(0,05) = 1,96.$$

Иными словами, нулевая гипотеза H_0 об отсутствии различий между усредненным результатом решения тестовых заданий контрольной и экспериментальной группами (при уровне значимости $\alpha = 0,05$) отклоняется, что свидетельствует о различном уровне решения контрольной и экспериментальной группами тестовых заданий.

Заметим также, что при подготовке иллюстраций можно использовать методы и средства интерактивного обучения, например, практиковать проведение кратковременных опросов обучаемых по поводу содержания и качества иллюстративного материала, что, на наш взгляд, представляется весьма полезным средством повышения активности обучаемых и, как следствие, увеличения эффективности учебного процесса.

Заключение

1. Результаты исследования показали, что большинство учащихся, изучающих естественные науки, относят себя к визуалам, т.е. к тем, кто отдает предпочтение информации, представленной в визуальном виде.

2. Восприятие материала во время изучения лекционного (теоретического) материала зависит от ряда критериев-характеристик: уровня абстрагирования физических объектов; степени упрощения модели процесса; достоверности соответствия явлению предлагаемой визуальной модели; степени очевидности, связанная с моделью; адекватности иллюстрации математическим утверждениям; уровня математической обоснованности иллюстративных образов. Подавляющее большинство реципиентов отдают предпочтение критериям достоверности и адекватности иллюстративного материала.

3. Анализ тестирования и анкетирования контрольных и экспериментальных групп дает возможность утверждать, что уровень абстрагирования физических объектов пропорционален степени упрощения модели процесса. Во время проведения исследования авторы использовали сканированные копии иллюстраций учебных пособий по естественным наукам. Для построения изображений в самостоятельной работе учащимся предлагалось использовать облачные сервисы: Filelab, Anymaking; InpaintOnline; Picadilo; Фотофания и др. Результаты анкетирования по работе с растровыми изображениями в облачных сервисах вывел в число наиболее популярных следующие сервисы: Фотофания, Filelab, Фотошоп в режиме онлайн.

4. Для улучшения восприятия теоретического материала можно (и необходимо) использовать исчерпывающие иллюстрации. При этом:

1) в процессе эвристической беседы апробировать несколько рисунков из разных научных источников;

2) найти самую подходящую иллюстрацию, основываясь на репрезентативной выборке учащихся по вышеуказанным критериям или по критериям, адаптированным под конкретную дисциплину;

3) использовать (а при необходимости усовершенствовать) отобранные иллюстрации, применив прикладное программное обеспечение (компьютерную графику) или их аналог (облачные сервисы).

5. Улучшение презентаций может выполняться с учетом изложенных письменно учащимися об изложенных с соответствующей аргументацией мнений учащихся о представленных иллюстрациях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rubin, E. Synsoplevede Figurer: studier i psykologisk analyse / E. Rubin. – Copenhagen : Gyldendal : Nordisk Forlag, 1915. – 228 p.

2. Арнхейм, Р. Искусство и визуальное восприятие / Р. Арнхейм ; пер. с англ. В. Л. Самохина ; общ. ред. В. П. Шестакова. – М. : Прогресс, 1974. – 392 с.

3. McLuhan, M. Understanding media: the extensions of man / M. McLuhan. – New York : McGraw-Hill, 1964. – 458 p.

4. Бодненко, Д. Использование иллюстраций для улучшения восприятия материала при изучении естественных наук / Д. Бодненко, С. Радченко, И. Юртин // Pro-

ceedings of the International Scientific Conference «Society. Integration. Education», May, 23–24, 2014. – Rezekne, 2014. – Vol. I. – С. 356–365.

5. Радченко, С. П. Особливості використання символіки при навчанні дисциплін у природничих спеціальностей [Електронний ресурс] / С. П. Радченко, Д. М. Бодненко, І. І. Юртин. – Режим доступу: http://elibrary.kubg.edu.ua/12727/1/S_Radchenko_D_Bodnenko_I_Urtin_PSPPO_IS.pdf.

6. Лаврентьев, Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов : в 2 ч. / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева. – Барнаул : Изд-во Алтайс. гос. ун-та, 2002. – Ч. 1. – 146 с.

7. Лаврентьев, Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов : в 2 ч. / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева, Н. А. Неудачина. – Барнаул : Изд-во Алтайс. гос. ун-та, 2002. – Ч. 2. – 232 с.

8. Ефимов, Н. В. Высшая геометрия / Н. В. Ефимов. – М. : Физматлит, 2004. – 584 с.

9. Жданов, Л. С. Физика для средних специальных учебных заведений : учебник / Л. С. Жданов, Г. Л. Жданов. – 4-е изд., испр. – М. : Наука, 1984. – 339 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 15.03.2017

Bodnenko D.M., Radchenko S. P., Samoilenko V.G. Improving the Perception of Material Through the Use of Illustrative Tools in the Process of Studying Natural Sciences

In this article a number of important issues related to improving the efficiency of the use of illustrations in learning of natural sciences are highlighted. The problem of clarity in the modern higher school is that in many studies its principles are formulated in a rather general form. They naturally have a right to exist, but do not always give adequate effect to the specific courses that have a particular specificity. In the study of natural sciences abstract component comes to the fore and require further research with a methodical, logical, psychological and other perspectives. In the study conducted by the authors the attempt is made to specify the basics of visual images using to improve the perception of the theoretical material in such sciences as physics and mathematics. The authors do not believe to the conclusions made in the article be the final so the study of this question can be continued in the direction of accumulation of factual material as well as greater specificity and binding characteristics of the presentation of certain scientific disciplines.